

## Cantilever for a scanning probe microscope and a method of manufacturing the same

**Patent number:** DE4126151

**Publication date:** 1992-03-05

**Inventor:** NAGATA YASUJI (JP); TODA AKITOSHI (JP); OHTA RYO (JP); SHINOHARA ETSUO (JP); TADOKORO KAORU (JP); TAKAYAMA MICHIO (JP); ENOMOTO YOSHIMITSU (JP)

**Applicant:** OLYMPUS OPTICAL CO (JP)

**Classification:**

- international: G01N27/00; H01J37/28; H01L21/302

- european: G01B7/34A1A; G01B7/34A1A1; G01N27/00F1A

**Application number:** DE19914126151 19910807

**Priority number(s):** JP19910121080 19910527; JP19900228009 19900831

**Also published as:**



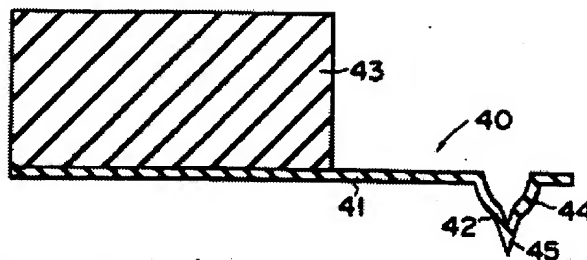
US5272913 (A1)

JP4231811 (A)

Abstract not available for DE4126151

Abstract of correspondent: **US5272913**

A cantilever for a scanning probe microscope comprises a lever section and a probe section disposed near the free end thereof. The probe section includes a conical distal end portion having a narrow point angle and a bulging proximal end portion continuous with the distal end portion. The cantilever is manufactured by utilizing a semiconductor process.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 41 26 151.8  
22 Anmeldetag: 7. 8. 91  
43 Offenlegungstag: 5. 3. 92

DE 41 26 151 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
31.08.90 JP P 2-228009 27.05.91 JP P 3-121080

71 Anmelder:  
Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

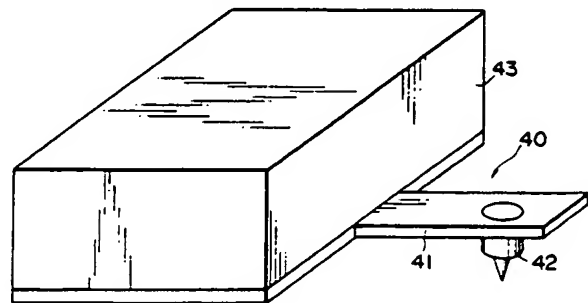
74 Vertreter:  
Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte;  
Hübner, H., Dipl.-Ing., Rechtsanw., 8050 Freising

72 Erfinder:  
Toda, Akitoshi, Kunitachi, Tokio/Tokyo, JP;  
Tadokoro, Kaoru; Nagata, Yasuji; Shinohara, Etsuo,  
Hachioji, Tokio/Tokyo, JP; Enomoto, Yoshimitsu,  
Tokio/Tokyo, JP; Takayama, Michio, Nagano, JP;  
Ohta, Ryo, Ina, Nagano, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Ausleger für ein Scansondenmikroskop und ein Verfahren zu dessen Herstellung

57 Ein Ausleger (40) für ein Scansondenmikroskop umfaßt einen Armbereich (41) und einen Sondenbereich (42), der in der Nähe von dessen freiem Ende angeordnet ist. Der Sondenbereich (42) schließt einen konischen distalen Endteil (45) mit einem engen Spitzenwinkel und einem bauchigen proximalen Endteil (44), der mit dem distalen Endteil (45) fortgesetzt wird, ein. Der Ausleger (40) wird hergestellt unter Verwendung eines Halbleiterverfahrens.



DE 41 26 151 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Ausleger für ein Scansondenmikroskop (scanning probe microscope), und insbesondere eine Struktur und ein Herstellungsverfahren für den Ausleger dieses Typs, der einen Armbereich und einen Sondenbereich aufweist, wobei dieser in der Nähe dessen freien Endes angeordnet ist.

Ein Scantunnelmikroskop (STM) (scanning tunneling microscope), das von G. Binnig, H. Rohrer, Ch. Gerber und E. Weibel erfunden wurde (Oberflächenuntersuchungen mittels Scantunnelmikroskop, Phys. Rev. Lett., 49 (1982) 57) wurde in einer weiten Reihe von Gebieten verwendet, wobei es als ein Mikroskop diente, durch welches Atomanordnungs-Einbuchtungen einer Oberfläche beobachtet werden können.

Inzwischen wurde ein Atomkraftmikroskop (AFM) (atomic force microscope) als eine weiterentwickelte Version des STM vorgeschlagen (veröffentlichte, ungeprüfte japanische Patentanmeldung Nr. 62-1 30 302; Verfahren und Vorrichtung zur Bilderstellung von einer Oberflächenprobe von G. Binnig, IBM). Unter Verwendung des AFM kann eine isolierende Probe, die nicht mittels des STM gemessen werden konnte, mit einer Genauigkeit von Atomgrößenordnungen beobachtet werden, unter Verwendung von Elementartechnologie, die Servotechnologie einschließend. Fig. 15 zeigt ein Beispiel des AFM, welches in der Patentanmeldung, die oben erwähnt wurde, offenbart ist. Das AFM gleicht dem STM im Aufbau.

In Fig. 15 ist ein Ausleger 11 mit einem spitzen Vorsprung (erster Sondenbereich 13) an seiner Endspitze gegenüber und nahe an Probe 9 angeordnet. Wenn das distale Ende des Sondenbereiches 13 nahe an die Probe gebracht wird, wechselwirken seine Atome und die Atome der Probe miteinander, wobei sie eine Kraft erzeugen, die proportional dem Abstand zwischen dem Bereich 13 und der Probe ist. Wenn die Probe und der Sondenbereich relativ in der xy-Richtung in diesem Zustand gescannt werden, verschiebt ein Armbereich 12 seine Position abhängig von der Unregelmäßigkeit der Probenoberfläche. Demzufolge kann eine isolierende Probe, die nicht mittels des STM gemessen werden konnte, indirekt durch Bestimmen der Auslenkung des Armbereiches unter Verwendung eines AFM-Systemes gemessen werden, welches einen zweiten Sondenbereich 14 einschließt, der auf der zu der Probe 9 gegenüberliegenden Seite des Auslegers 11 angeordnet ist.

In einem FM (Kraftmikroskop), wie es durch das AFM, welches oben beschrieben wurde, typifiziert ist, ist die Form des Sondenbereiches zur Verwendung als dessen Sensorelement ein sehr wichtiger Faktor, da er die Auflösungen in den x-, y- und z-Richtungen stark beeinflussen oder den Typ an meßbaren Proben beschränken kann.

Herkömmliche Ausleger wurden durch Anspitzen an einem Ende eines dünnen Metalldrahtes durch mechanisches oder elektrisches Polieren, und falls nötig, Biegen des Drahtes in eine L-Form oder durch Binden eines Diamantstückes zur Verwendung als ein Sondenbereich an ein Metallblatt oder dergleichen.

Gemäß dem FM mit einem solchen Ausleger ist es jedoch schwierig, den Armbereich des Auslegers mit hoher Genauigkeit herzustellen und die Meßbedingungen variieren unweigerlich, wenn der verbrauchbare Ausleger durch einen neuen ersetzt wird. Die mechanische Resonanzfrequenz des Auslegers hängt von seiner Länge ab, so daß der Ersatzausleger dieselbe Resonanz-

charakteristik und dieselbe Genauigkeitslänge wie der ersetzte haben sollte. Nach dem oben beschriebenen Verfahren können jedoch solche Hochgenauigkeitsausleger nicht leicht erhalten werden. Zum höheren Widerstand gegen äußere Vibration wird vielmehr ein kürzerer Armbereich bevorzugt, weil er eine höhere Resonanzfrequenz sicherstellen kann. Nach dem zuvor erwähnten Verfahren ist es jedoch schwierig, einen kurzen Armbereich zu bilden.

T. R. Albrecht et al. berichteten von einem neuen Ausleger, der einen pyramidenförmigen Sondenbereich aufweist (Thomas R. Albrecht, Shinya Akamine, Marco Tortonese, und Calvin F. Quate; Fortschritte in der Atomkraftmikroskopie, STM '89 Poster Session). Dieser pyramidenförmige Sondenbereich wird dadurch hergestellt, daß eine Gitterebene eines Siliziumwafers mit einem Millerindex (100) nassem anisotropen Ätzen ausgesetzt wird, um ein pyramidenförmiges Loch zu bilden, wobei ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film auf der resultierenden Struktur gebildet wird und dann die Struktur in der Form eines Armes geätzt wird. Dieser Mikroausleger, welcher unter Verwendung derselben Verfahren wie für die Herstellung eines Halbleiter-ICs hergestellt wird, kann hohe Genauigkeit von  $\mu\text{m}$ -Größenordnungen und sehr hohe Reproduzierbarkeit erreichen. Jedoch kann auch dieses Verfahren nicht immer einen zufriedenstellenden Sondenbereich zur Verfügung stellen.

Der Spitzenwinkel des Sondenbereiches beschränkt die Typen von meßbaren Proben. Demnach kann eine Probe 16 mit einem Loch oder Rinne 17, welche so tief ist, daß die Endspitze eines Sondenbereiches 15 nicht den Boden des Loches 17 erreichen kann, wie in Fig. 12 gezeigt, kein zuverlässiges Ausgangssignal produzieren, wie in Fig. 13 gezeigt, so daß ihre Messung unmöglich ist. Ebenfalls wird eine steile gestufte Struktur so stumpf werden wie der Sondenwinkel. Wie in Fig. 14 gezeigt, sollte der Spitzenwinkel des Sondenbereiches 18 demnach so eng wie möglich sein. Da ein pyramidenförmiger Sondenbereich als eine Replica einer Ätzgrube in Silizium gebildet wird, kreuzen seine einzelnen Seiten jedoch quer mit Winkeln von  $72^\circ$  zueinander, entsprechend der Kristallstruktur des Siliziums. Der maximal mögliche Winkel, der zwischen beliebigen zwei aus vier Kanten gebildet wird, welche sich von der Endspitze des Sondenbereiches erstrecken, ist  $90^\circ$  breit. Verglichen mit einem Spitzenwinkel von  $30^\circ$  oder weniger für eine elektropolierte Sonde, die in dem STM verwendet wird, ist der Spitzenwinkel des pyramidenförmigen Sondenbereiches so weit, daß es schwierig ist, Proben zu messen, die tiefe Löcher oder Rinnen aufweisen. Demnach wurde die Form einer Pyramide niemals als eine erwünschte Form für den Sondenbereich angesehen.

Demnach wurde es erwartet, den Ausleger mit einer hohen Genauigkeit herzustellen durch Verwendung der zuvor beschriebenen Halbleiterverfahren und einen Sondenbereich mit einem engen Spitzenwinkel zur Verfügung zu stellen.

Der Spitzenwinkel, der hierin erwähnt wird, ist der Winkel  $\theta$  des distalen Endbereiches eines Sondenbereiches 19 und ist verschieden von dem Radius R, wie in Fig. 16 gezeigt.

Des weiteren berichteten T. R. Albrecht et al. über einen Ausleger, der einen Sondenbereich mit einem engen Spitzenwinkel aufweist (Thomas R. Albrecht und Calvin F. Quate; Atomauflösung mit dem Atomkraftmikroskop auf Leitern und Nichtleitern, J. Vac. Sci. Technol. A6(2), (1988) 271). In diesem Fall jedoch ist der Sondenbereich nicht lang genug, um zufriedenstellend

zu sein. Demnach liegt ein Erfordernis dafür vor, einen Ausleger mit einer längeren Sonde zu haben.

Wenn der Sondenbereich des Auslegers nicht lang genug ist, muß der Ausleger in bezug zu der Oberfläche einer Probe geneigt werden, wenn er auf dem FM montiert wird, um zur Messung verwendet zu werden, um zu vermeiden, daß die Probe andere Teile des Auslegers als den Sondenbereich berührt. Deshalb sind Ausbildung und Herstellung des FM schwierig und mit Problemen behaftet. Dies ist eine kritische Aufgabe, insbesondere für ein FM, das ausgelegt ist, um die Auslenkung des Auslegers optisch zu messen. Wenn der Ausleger geneigt wird, verwickelt die Bewegung des Probenbereiches vielmehr die Bewegungen von Komponenten in andere Richtungen als die eine, senkrecht zu der Probenoberfläche. Deshalb kann die Unregelmäßigkeit der Probenoberfläche nicht immer ideal bestimmt werden, so daß die Auflösung niedrig ist. Demnach und auch für die Lösungen der zuvor erwähnten Probleme besteht ein Bedarf zur Entwicklung eines längeren Sondenbereiches mit einer spitzen Spitze-Konfiguration.

Da Ausleger als Verbrauchsmaterial erachtet werden, wird ferner von ihnen erwartet, daß sie mit Zuverlässigkeit und niedrigen Kosten hergestellt werden können.

Die vorliegende Erfindung wurde entworfen unter Überlegung dieser Umstände und ihre Aufgabe ist es, einen Ausleger zur Verfügung zu stellen mit einem Sondenbereich mit einer spitzen Spitze-Konfiguration und einer mittleren Sondenlänge und einem zuverlässigen Herstellungsverfahren derselben.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale der Ansprüche 1, 6 und 12.

Insbesondere beabsichtigt die Erfindung einen Ausleger mit einem hochgenauen Sondenbereich unter Verwendung eines Halbleitervorgangs herzustellen.

Ferner beabsichtigt die Erfindung einen Sondenbereich mit nahezu idealer Form durch getrenntes Bilden einer Mehrzahl von dessen Teilen, zwischen denen die Funktionen geteilt werden, herzustellen.

Vorzugsweise wird eine Sonde der Erfindung auf einem Ausleger gebildet mit einer Länge von 1 mm oder weniger, insbesondere 500 µm oder weniger.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Ausleger für ein Scansondenmikroskop zur Verfügung gestellt, der einen Armbereich und einen Sondenbereich aufweist, der nahe des freien Endes des Armbereiches angeordnet ist, wobei der Sondenbereich einen distalen Endteil einschließt, der einen engen Spitzenwinkel und einen bauchigen proximalen Endteil hat, fortlaufend mit dem distalen Endteil.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Auslegers für ein Scansondenmikroskop zur Verfügung gestellt, der einen Armbereich und einen Sondenbereich umfaßt, der nahe dessen freiem Ende angeordnet ist, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt: Bilden eines Replica-Loches für den Sondenbereich in einem Halbleitersubstrat durch Ätzen; Abscheiden eines Grundmaterials für den Armbereich und den Sondenbereich in einer Region auf dem Substrat, das Replica-Loch einschließend; Ausgestalten (patterning) des Grundmaterials in eine vorbestimmte Form; und Entfernen des Substrates.

Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Auslegers für ein Scansondenmikroskop zur Verfügung gestellt, welcher einen Armbereich und einen Sondenbereich umfaßt, der nahe dessen freien Ende angeordnet ist, wobei der Sondenbereich einen distalen Endteil mit einem engen Spitzen-

winkel und einem bauchigen proximalen Endteil aufweist, fortlaufend mit dem distalen Endteil, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt: Bilden eines Replica-Loches für den Sondenbereich in einem Halbleitersubstrat durch Ätzen, wobei das Replica-Loch einen ersten Teil einschließt, der dem proximalen Endteil des Sondenbereiches entspricht und ein zweiter Teil, der dem distalen Endteil des Sondenbereiches entspricht; Abscheiden eines Grundmaterials für den Armbereich und den Sondenbereich in einer Region auf dem Substrat, welche das Replica-Loch einschließt; Ausgestalten des Grundmaterials in einer vorbestimmten Form; und Entfernen des Substrates.

Vorzugsweise ist das Substrat ein Siliziumsubstrat, und der Ausleger wird aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  gebildet. Darüberhinaus kann das Verfahren vor dem Schritt des Substratentfernens ferner ein Verfahren zum Binden des Trageliedes zum Tragen des Armbereiches, an den Armbereich umfassen.

Erfindungsgemäß kann die Endspitze des Sondenbereiches dünner gemacht werden, so daß der Sondenbereich (distaler Endteil) ein hohes Aspektverhältnis aufweist. In einem FM, welches den Ausleger mit dem erfindungsgemäßen Sondenbereich verwendet, kann die Form einer Probe getreuer reproduziert werden.

Der Ausleger mit dem Sondenbereich, dessen Funktionen zwischen dem distalen Endteil und dem proximalen Endteil geteilt werden, kann die Montierungsstärke und die wesentliche Länge des gesamten Sondenbereiches sicherstellen, so daß die Lebensdauer des Auslegers verlängert werden kann. Wenn der Ausleger bei dem FM angewandt wird, kann er darüberhinaus im wesentlichen horizontal montiert werden, so daß die Meßauflösung durch Senken beherrscht werden kann.

Der Ausleger der vorliegenden Erfindung ist nicht auf Verwendung in dem FM beschränkt und kann ebenso effizient in einem Scansondenmikroskop verwendet werden, welches sich von einem STM ableitet und welches SXM genannt wird und eine Auflösung in Atomgrößenordnungen aufweist.

Ferner kann die Erfindung angewandt werden zur Herstellung von Emittoren von Elektronenmikroskopen, Emittierbereichen von kürzlich entwickelten vakuummikroelektronischen Vorrichtungen und dergleichen.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung.

Es zeigt:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Auslegers nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2A bis 2G Schnittansichten, die sukzessiv die einzelnen Schritte zur Herstellung des Auslegers von Fig. 1 zeigen;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Auslegers nach einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Schnittansicht des Auslegers nach der zweiten Ausführungsform;

Fig. 5A bis 5H Schnittansichten, die sukzessive Schritte zur Herstellung des Auslegers von Fig. 3 zeigen;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht eines Auslegers nach einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 7A bis 7I Schnitt- und perspektivische Ansichten, die sukzessive Schritte zur Herstellung des Auslegers nach einer vierten Ausführungsform der Erfindung zeigen.

Fig. 8A bis 8H Schnittansichten, die sukzessive Schritte zur Herstellung eines Auslegers nach einer fünften Ausführungsform der Erfindung zeigen;

Fig. 9 eine perspektivische Ansicht eines Auslegers nach einer sechsten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 10 eine Schnittansicht eines Auslegers gemäß der sechsten Ausführungsform;

Fig. 11 eine Schnittansicht zur Verdeutlichung eines Verfahrens zur Herstellung eines Auslegers gemäß einer siebten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 12 eine Schnittansicht zum Verdeutlichen der Formreproduzierbarkeit einer Sonde mit einem weiten Spitzenwinkel;

Fig. 13 ein Ausgangssignaldiagramm zum Verdeutlichen der Formreproduzierbarkeit der Weitwinkelsonde;

Fig. 14 eine Schnittansicht zur Verdeutlichung der Formreproduzierbarkeit einer Sonde mit einem schmalen Spitzenwinkel;

Fig. 15 eine schematische Ansicht eines Atomkraftmikroskops; und

Fig. 16 ein Diagramm zur Verdeutlichung des Spitzenwinkels.

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Auslegers gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Ausleger 20 umfaßt einen Armbereich 21 und einen Sondenbereich 22 und der proximale Teil des Bereiches 21 wird getragen von einem Trageglied 23.

Der Ausleger 20 wird hergestellt nach Schritten, die in den Fig. 2A bis 2G gezeigt sind. Die Einzelheiten dieser Herstellungsschritte werden im Zusammenhang mit Beispiel 1, welches später erwähnt wird, beschrieben. Zusammenfassend wird ein Loch 34 in einem Siliziumwafer 31 durch Ätzen gebohrt (Fig. 2A und 2B) und ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 35 wird auf dem Wafer 31 gebildet (Fig. 2C) und werden in der Form eines Auslegers ausgestaltet (Fig. 2E). Ein Trageglied 37, welches letztendlich ein Sockel des Armes bildet, wird auf die sich ergebende Struktur gebunden (Fig. 2E), das Glied 37 wird verarbeitet (Fig. 2F) und der Siliziumwafer 31, der als eine Maske für die Herstellung des Sondenbereiches verwendet wird, wird weggeschmolzen (Fig. 2G). Anschließend wird der Ausleger der vorliegenden Erfindung vervollständigt.

Ein Verfahren zur Herstellung eines Auslegers gemäß der vorliegenden Erfindung ist gekennzeichnet durch das Verfahren zur Herstellung des Sondenbereiches. In der vorliegenden Erfindung wird der Siliziumwafer 31 geätzt, um als Maske zur Herstellung des Sondenbereiches verwendet zu werden. Dieses Ätzen ist Trockenätzen, welches die Verwendung einer Plasmaätzapparatur erfordert. Das Loch 34, das durch das erfindungsgemäße Trockenätzverfahren gebildet wird, kann zu einer viel spitzeren Form führen, als eines, das durch das Naßätzverfahren, welches eine wäßrige Lösung von KOH oder EPW (Ethylen-Diamin-Pyrokatechol-Wasser), welches herkömmlich von T. R. Albrecht et al. vorgeschlagen wurde, gebildet wird. Demzufolge weist ein Sondenbereich 39 des sich ergebenden Auslegers im wesentlichen die Form eines verlängerten Konus auf, der einen sehr schmalen Spitzenwinkel aufweist. Mit anderen Worten ist das Verhältnis von Länge zu Durchmesser (Aspektverhältnis) in dem Sondenbau hoch. Eine AFM-Messung, die den Ausleger mit dem Spitzenprobenbereich 39 gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet, kann die Form einer Probe mit scharfen Stufenteilen genauer bestimmen und reproduzieren.

Fig. 3 und 4 sind eine perspektivische Ansicht beziehungsweise eine Schnittansicht eines Auslegers gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Ausleger 40 umfaßt einen Armbereich 41, einen Sondenbereich 42 und ein Trageglied 43. Im allgemeinen wird der Ausleger dieser Ausführungsform in derselben Weise konstruiert wie derjenige nach der ersten Ausführungsform. In der zweiten Ausführungsform ist der Sondenbereich jedoch aus zwei Teilbereichen zusammengesetzt, einem distalen Endteil 45 und einem proximalen Endteil 44, der die Verbindung mit dem Armbereich bildet.



Der Ausleger 40 wird hergestellt in Schritten, die in den Fig. 5A bis 5H gezeigt sind. Die Einzelheiten dieser Herstellungsschritte werden im Zusammenhang mit Beispiel 2, welches später erwähnt wird, beschrieben.

In dieser Ausführungsform wird der proximale Endteil 44 an der Wurzel des Sondenbereiches 42 ausgehend gebildet, ohne die spitze Konfiguration des Teils 45 zu ändern, um den gesamten Sondenbereich relativ lang zu gestalten. In dem Ausleger 40 mit einer erfindungsgemäßen langen Sonde, die in dieser Art und Weise konstruiert wird, kann der Abstand zwischen der Auslegeroberfläche und dem FM (die Summe der entsprechenden Längen der Teile 44 und 45) erhöht werden durch die Länge des proximalen Endteiles 44, auch wenn die Auslegeroberfläche parallel zu der Probe gehalten wird, wenn der Ausleger auf dem FM montiert wird. Während der Messung mit dem Ausleger auf dem AFM ist daher keine Möglichkeit, Vorsprünge der Probe mit dem Ausleger wechselwirken zu lassen. Dementsprechend muß der Ausleger nicht oder lediglich um einen schmalen Winkel zu der Probenoberfläche geneigt werden, wenn er an dem AFM montiert wird. Demnach kann die Ausgestaltung des FM vereinfacht werden und gleichzeitig die Meßauflösung verbessert werden.

Es kann gesagt werden, daß die Funktionen des Sondenbereiches, der in dieser Art und Weise konstruiert wurde, unter einer Vielzahl von Teilen aufgeteilt wird. In dem herkömmlichen Ausleger werden die Funktionen lediglich zwischen dem Armbereich und dem Sondenbereich aufgeteilt. Insbesondere wird der Armbereich auf  $\text{Si}_3\text{N}_4$  gebildet, wogegen der Sondenbereich aus einem metallischen Material, beispielsweise Wolfram gefertigt wird. Wenn der Ausleger zur Verwendung in einem Magnetkraftmikroskop (MFM) verwendet werden soll, kann der Sondenbereich aus Nickel oder dergleichen gebildet werden, so daß er empfindlich auf Magnetkraft ist.

In dem Ausleger 40 der zweiten Ausführungsform werden die Funktionen des Sondenbereiches andererseits weiter aufgeteilt. Darüberhinaus ist der Probenbereich offensichtlich zusammengesetzt aus dem distalen Endteil 45, welcher mit der Probenoberfläche wechselwirkt und dem proximalen Endteil 44, der den Sondenbereich 42 und den Armbereich 41 verbindet und ebenfalls dazu dient, die Sonde zu verlängern. Demzufolge werden die einzelnen Funktionen passend in den einzelnen Formen der ihnen entsprechenden Teile des Sondenbereiches wiedergegeben, so daß der Ausleger dieser Ausführungsform seine Funktionen besser als der herkömmliche Ausleger erfüllen kann.

Erfindungsgemäß kann wie oben beschrieben, das Aspektverhältnis des Sondenbereiches dadurch erhöht werden, daß man seine Wurzel viel dicker macht als seine Spitze. In dem FM, welches den Ausleger mit dem erfindungsgemäßen Sondenbereich verwendet, weist der Sondenbereich eine zusätzliche mechanische Stärke

auf, um einer seitlichen äußeren  entgegenzuwirken, die in manchen Fällen dort  zum Beispiel, wenn er in Kontakt mit der Probe gebracht wird, um das Scannen zu bewirken. Demzufolge kann das FM die Probenform getreuer reproduzieren.

Unter Verwendung des Ausleger mit dem Sondenbereich, dessen Funktionen zwischen dem distalen Endteil und dem proximalen Endteil aufgeteilt sind, kann die Spitze des Sondenbereiches dünn gemacht sein, so daß die Probenform getreu reproduziert werden kann und der proximale Endteil kann die Montagefestigkeit und die wesentliche Länge des gesamten Sondenbereiches sicherstellen, so daß die Lebensdauer des Auslegers verlängert werden kann. Wenn der Ausleger an einem FM angewandt wird, kann er vielmehr im wesentlichen horizontal montiert werden, so daß die Meßauflösung davon abgehalten wird, herunterzugehen.

Grundsätzlich können jene filmbildenden Materialien, die in einem Halbleiterverfahren verwendet werden, beispielsweise  $\text{SiO}_2$  und Metalle, wie auch  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , als Materialien für den Ausleger verwendet werden, abhängig von ihrer Anpassungsfähigkeit an das Herstellungsverfahren. Wenn das Ätzverhältnis des Auslegermaterials verglichen mit Silizium nicht hoch genug ist, wird es unweigerlich geätzt, wenn Silizium in dem Endverfahren geätzt wird. Wenn solch ein Material verwendet wird, sollte der Ausleger davor bewahrt werden, durch das Ätzen des Siliziums beeinflusst zu werden, zum Beispiel durch das Zur-Verfügung-Stellen einer intermediären Schicht zwischen der Schicht des Auslegermaterials und dem Silizium. Der Ausleger der vorliegenden Erfindung ist jedoch nicht beschränkt durch die Definition seines Materials.

Das Trageglied für den Ausleger kann gebildet werden aus Glas, Keramik, Kunststoff, Metall oder Siliziumwafer. Da das Scansondenmikroskop, das mit dem Ausleger kombiniert wird, ein Gerät ist, welches im Bereich von Atomgrößenordnungen arbeitet, können insbesondere Daten möglicherweise durch thermische Ausdehnung seiner kleinen Teile beeinflusst werden. Deshalb wird ein Material mit einem kleinen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie auch mit hoher Rigidität für das Trageglied ausgewählt.

Zum Beispiel können das Trageglied und der Ausleger miteinander verbunden werden mittels eines Klebmittels oder durch das anodische Bindeverfahren, in welchem Spannung an die beiden Glieder bei hoher Temperatur angelegt wird, nachdem die bindenden Oberflächen von Schmutz gereinigt wurden. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Bindungsverfahren beschränkt.

Vielmehr kann der Ausleger alternativ mit Gold metallisiert werden zur elektrischen Leitfähigkeit oder zur höheren Reflexionsfähigkeit beschichtet werden, abhängig von dem Typ des Mittels zum Messen der Auslenkung des Auslegers in dem AFM oder anderen Geräten. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf diese Behandlungen beschränkt.

#### Beispiel 1

Ein Beispiel des Auslegers gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in Fig. 1 gezeigt ist, wurde in Schritten hergestellt, die in den Fig. 2A bis 2G gezeigt sind.

Zuerst wurde das Siliziumwafer 31, welches eine (100)-Ebenenoberfläche aufweist, gewaschen und ein  $\text{SiO}_2$ -Film 32 wurde in einer Dicke von 1  $\mu\text{m}$  auf dem

Wafer 31 durch thermische Oxidation abgeschieden. Dann wurde das Wafer 31 einem Resist beschichtet und einem Sondenbereichmuster ausgesetzt zur Trockenätzung mittels einer Maskenausrichtung (mask aligner) (Fig. 2A). Ein Loch 33, welches durch dieses Musterbild mit einem Kreis mit 1,4  $\mu\text{m}$  Durchmesser gebildet wird, wurde gebildet. Nachdem eine Entwicklungsbehandlung ausgeführt wurde, wird das Siliziumwafer 31 unter Verwendung des geätzten  $\text{SiO}_2$ -Filmes als eine Maske (Fig. 2B) geätzt. In dieser Ätzung, die eine anisotrope Plasmaätzung ist, wird  $\text{CCl}_4$ -plus- $\text{O}_2$ -Gas als ein Ätzgas verwendet. Als ein Ergebnis wird ein Loch 34 mit einem Durchmesser auf der Oberfläche von 1,4  $\mu\text{m}$  und einer Tiefe von 3  $\mu\text{m}$  in dem Siliziumwafer 31 gebildet.

Anschließend wird der  $\text{SiO}_2$ -Film 32 entfernt durch Anwendung von gepufferter Fluorwasserstoffsäure und der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 35 wurde in einer Dicke von 300 nm abgeschieden durch chemische Niederdruck-Dampfabscheidung (LPCVD) (Fig. 2C). Des weiteren wird die sich ergebende Struktur in Wasserdampf bei 1100°C getempert, der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 35 mit einer kleinen Menge  $\text{SiO}_2$  behandelt und der Resist wieder angewandt zum Beschichten. Dann wird die Struktur einem Muster ausgesetzt mittels einer Maskenausrichtung, so daß die Auslegerlänge 100  $\mu\text{m}$  beträgt und der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film wird mittels  $\text{CF}_4$ -plus- $\text{O}_2$ -Plasma geätzt, wobei ein Muster 36 erhalten wird (Fig. 2D). Ein Pyrexglas 37 (Corning #7740) von 1 mm Dicke wird mit der Struktur durch anodisches Binden (Fig. 2E) verbunden, um das Auslegertrageglied zu bilden und ein unnötiger Teil des Glases 37 wird abgeschnitten (Fig. 2F). Schließlich wird der gesamte Siliziumwafer 31 weggeätzt unter Verwendung von Fluorwasserstoffsäure plus Salpetersäure plus Essigsäure, mit Ausnahme des Teiles des  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Filmes, der dazu dient, den Ausleger zu bilden (einen Armbereich 38 und einen Sondenbereich 39 einschließend) (Fig. 2G).

Der Sondenbereich 39 des Auslegers der vorliegenden Erfindung der in dieser Art und Weise hergestellt wird, hat im wesentlichen eine konische Form, der die Form des Loches 34 wiedergibt, welches durch anisotropes Plasmaätzen gebildet wird. Die Wurzel des Sondenbereiches 39 auf der Armbereichsseite des Auslegers mißt 1,5  $\mu\text{m}$  im Durchmesser und die Länge des Bereiches 39 ist 2,5  $\mu\text{m}$ .

Die sich ergebende Sonde hat einen Spitzenwinkel, der viel schmaler ist als jener eines Vergleichsbeispiels, das später erwähnt wird, obwohl der Sondenbereich 39 im wesentlichen dieselbe Länge hat wie in dem Vergleichsbeispiel.

#### Beispiel 2

Ein Beispiel des Auslegers gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in Fig. 3 gezeigt ist, wurde in den Schritten hergestellt, die in Fig. 5A bis 5H gezeigt sind.

Zuerst wird Phosphor in die Oberfläche eines Siliziumwafers 51 diffundiert, welcher demjenigen gleicht, der in Beispiel 1 verwendet wurde (Fig. 5A), wobei eine Phosphordiffusionsschicht 52 gebildet wird. Dann wird ein  $\text{SiO}_2$ -Film 52 durch thermische Diffusion (Fig. 5B) gebildet und anschließend wird ein kreisförmiges Sondenlochmuster 55 mit 1,4  $\mu\text{m}$  Durchmesser in den  $\text{SiO}_2$ -Film 53 unter Verwendung eines Resists 54 (Fig. 5C) gebohrt.

Anschließend wird die sich ergebende Struktur einer



isotropen Ätzung unter Verwendung von Fluorwasserstoffsäure plus Salpetersäure plus Phosphorsäure ausgesetzt und die Phosphordiffusionsschicht 52 wird unter der Maske des  $\text{SiO}_2$ -Filmes 53 ausgehöhlt, wobei ein Halbkugelförmiger Teil 56 mit einem Radius von ungefähr  $1,5 \mu\text{m}$  gebildet wird (Fig. 5D).

Anschließend, nachdem ein Loch 57 in dem Siliziumwafer 51 durch anisotropes Plasmaätzen unter Verwendung von  $\text{CCl}_4$ -plus- $\text{O}_2$ -Gas (Fig. 5E) in derselben Weise wie in Beispiel 1 gebildet wurde, wird ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 58 abgeschieden (Fig. 5F). Dann wird der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 58 zum Ausgestalten geätzt (Fig. 5G). Nachdem ein Pyrexglas 59 an die sich ergebende Struktur gebunden wurde, wird der Siliziumwafer 51 durch Ätzen entfernt (Fig. 5H). So wird der Ausleger der vorliegenden Erfindung erhalten, der einen Armbereich 61 und einen Sondenbereich 62 umfaßt.

In dem auf diese Weise hergestellten Ausleger schließt der Sondenbereich 62 einen halbkugelförmigen proximalen Endteil 64 und einen distalen Endteil 65 ein, der wie derjenige der in Beispiel 1 gebildet wird, die Form eines verlängerten Konus hat, der an dem äußeren Ende des Teiles 64 gebildet ist. Der Durchmesser der Halbkugel des proximalen Endteiles 63 ist  $4 \mu\text{m}$  und derjenige der Basis des konischen Teiles 65 war  $1,8 \mu\text{m}$ . Der Teil 65 weist eine Länge von  $2,5 \mu\text{m}$  auf. Die gesamte Länge des Sondenbereiches 62, der die proximalen und distalen Endteile 64 und 65 kombiniert, beträgt  $4,6 \mu\text{m}$ . Demzufolge ist der Sondenbereich des Auslegers gemäß dieser Ausführungsform spitzer als derjenige des Auslegers des Vergleichsbeispiels, welches später erwähnt wird, und seine Gesamtlänge ist länger als diejenige im Falle des Beispiels 1.

Der Spitzenwinkel des konischen distalen Endteiles des Loches 57 in dem Wafer war etwas weiter als im Falle des Beispiels 1, trotz derselben Bedingungen, die in denselben Schritten wie in Beispiel 1 verwendet werden, beispielsweise anisotropes Plasmaätzen. Demzufolge treten an den Grenzen zwischen den halbkugelförmigen und konischen Teilen 64 und 65 Sprünge oder dergleichen weniger häufig als im Beispiel 1 auf, wenn  $\text{Si}_3\text{N}_4$  anschließend abgeschieden wird.

### Beispiel 3

Der  $\text{SiO}_2$ -Film 53 von Beispiel 2 wird gebildet mit einem  $4 \mu\text{m}$ -Quadratmuster anstelle des ringförmigen Sondenmusters mit  $1,4 \mu\text{m}$  Durchmesser und der Siliziumwafer 51 (Phosphordiffusionsschicht 52) wird durch anisotropes Ätzen unter Verwendung einer wäßrigen Lösung von KOH ausgehöhlt. Da es einen großen Unterschied in der Ätzgeschwindigkeit zwischen einer (111)-Ebene und einer (100)-Ebene gibt, weist die Ätzspur die Form einer umgekehrten Pyramide auf, deren Kanten sich in rechten Winkeln zueinander erstrecken. Dann wird  $\text{SiO}_2$  durch Sputtern abgeschieden, ein Resist zur Beschichtung angewandt, die sich ergebende Struktur wird einem kreisförmigen Sondenmuster mit  $1,4 \mu\text{m}$  Durchmesser ausgesetzt und ein konisches Loch wird durch anisotropes Plasmaätzen gebohrt.

Anschließend wird der  $\text{SiO}_2$ -Film entfernt und die Abscheidung von  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und die nachfolgenden Schritte werden in derselben Art und Weise wie in den Beispielen 1 und 2 ausgeführt, wobei ein Ausleger 70 gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erhalten wird, der einen Armbereich 71 und einen Sondenbereich 72, wie in Fig. 6 gezeigt, aufweist.

Der Sondenbereich 72 des Auslegers 70, der in dieser

Art und Weise hergestellt wird, schließt wie derjenige Ausleger aus Beispiel 2 einen proximalen Endteil 74 und einen distalen Endteil 75 ein, zwischen welchen die Funktionen des Sondenbereiches aufgeteilt werden. Anders als derjenige in Beispiel 2 war der proximale Endteil 74 pyramidenförmig. Da der pyramidenförmige Teil in demselben Verfahren wie in dem Vergleichsbeispiel, welches später erwähnt wird, gebildet wird, ist die Gesamtlänge des Sondenbereiches größer und der Spitzenwinkel ist schmaler als in dem Vergleichsbeispiel.

### Beispiel 4

Ein Ausleger gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird erhalten durch Ersetzen der Schritte, die vor Bildung des Loches 34 in dem Siliziumwafer 31 erforderlich sind, in der Mitte der Herstellung des Auslegers von Beispiel 1, durch Schritte, die in Fig. 7A bis 7G gezeigt sind, um das Loch 34 spitzer zu machen.

Zuerst wird ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 92 und ein  $\text{SiO}_2$ -Film 93 auf einem Siliziumwafer 91 gebildet (Fig. 7A) und ein kreuzförmiges Muster 94 wird durch Trockenätzung gebildet (Fig. 7B und 7H). Dann wird ein polykristalliner Siliziumfilm 95 abgeschieden (Fig. 7C) und dann zurückgeätzt, um eine Seitenwand 96 aus polykristallinem Silizium (Fig. 7D) zu bilden. Die sich ergebende Struktur wird dann einer thermischen Oxidation ausgesetzt, so daß das Muster 94 in der Größe derart vermindert wird wie Silizium sich in  $\text{SiO}_2$  quellend ändert, wobei lediglich ein schmales Loch 97 in der Mitte des Kreuzes zurückbleibt (Fig. 7E und 7I). Der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 92 und der Siliziumwafer 91 werden trocken geätzt unter Verwendung des  $\text{SiO}_2$ -Filmes als eine Maske, worauf ein sehr spitzes verlängertes Replica-Loch 98 gebildet wird (Fig. 7F und 7G).

Nach diesen Schritten werden die  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Filme entfernt und der erfindungsgemäße Ausleger wird hergestellt nach den Verfahrensschritten von Beispiel 1.

### Beispiel 5

Ein Siliziumwafer 101 mit einer (100)-Ebenenoberfläche, ähnlich derjenigen, die in Beispiel 1 verwendet wird, wird gewaschen und ein  $\text{SiO}_2$ -Film 102 wird mit einer Dicke von  $750 \text{ nm}$  auf dem Wafer in einem thermischen Oxidationsofen abgeschieden. Dann wird der  $\text{SiO}_2$ -Film 102 durch Photolithographie ausgestaltet, um ein Loch 103 zu bilden (Fig. 8A). Ein Loch 104 wird in dem Siliziumwafer 101 durch Ätzen mit reaktiven Ionen (RIE) unter Verwendung des  $\text{SiO}_2$ -Filmes als eine Maske (Fig. 8B) gebildet. Zu dieser Zeit wird der Wafer 50 Minuten einer Trockenätzung in einem Vakuum von  $4,5 \text{ Pa}$  und bei  $450 \text{ W}$  unter Verwendung von  $\text{CCl}_4$  ( $100 \text{ sccm}$ )-Gas ausgesetzt.

Anschließend wird die sich ergebende Struktur 100 Minuten einer nassen Oxidation bei  $900^\circ\text{C}$  in dem thermischen Oxidationsofen ausgesetzt (Fig. 8C). Obwohl die Dicke des  $\text{SiO}_2$ -Filmes 110, welcher an dem Loch 104 haftet, nicht gemessen werden konnte, betrug eine Oxidfilmdicke, die auf einem anderen Siliziumwafer, welcher als eine Kontrolle in den thermischen Oxidationsofen verwendet wurde,  $170 \text{ nm}$ .

Dann wird ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film 105 mit einer Dicke von  $400 \text{ nm}$  bei  $0,3 \text{ Torr}$  und  $785^\circ\text{C}$  für 90 Minuten durch LPCVD abgeschieden, unter Verwendung von  $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ -plus- $\text{NH}_3$ -Gas (Fig. 8D). Des weiteren wird der

Film 105 in Wasserdampf bei 1100°C getempert und dann Muster für eine Auslegerform durch Photolithographie gebildet (Fig. 8E).

Wie in den Fällen der anderen Beispiele und dem Vergleichsbeispiel, wird anschließend ein Pyrexglas 107 (Corning #7740) mit der sich ergebenden Struktur durch anodisches Binden verbunden (Fig. 8F), um ein Trageglied für einen Ausleger zu bilden, und ein unnötiger Teil des Glases 107 wird abgeschnitten.

Anschließend wird der Siliziumwafer 101 von der Innenseite durch Ätzen unter Verwendung einer wäßrigen Lösung von KOH entfernt (Fig. 8G) und der Oxidfilm 110 wird ebenfalls unter Verwendung von Fluorwasserstoffsäure entfernt (Fig. 8H). Demzufolge wird ein Ausleger gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vervollständigt, welcher einen Armbereich 108 und einen konischen Sondenbereich 109 umfaßt.

Gemäß diesem Verfahren wird, wenn der  $\text{SiO}_2$ -Film auf der inneren Wand des Loches durch thermische Oxidation gebildet wird, die Innenseite des distalen Endteiles des Loches weiter angespitzt, wenn Silizium sich verändert, wobei es in  $\text{SiO}_2$  quillt. Als ein Ergebnis kann ein distaler Endbereich 125 eines Sondenbereiches, der unter Verwendung dieses Loches als eine Replica gebildet wird, viel spitzer gemacht werden als ein proximaler Endteil 124, weil ein intermediärer Teil 126 eingeschnürt ist.

Demzufolge kann der sich ergebende Sondenbereich 109 einen Spitzwinkel aufweisen, der enger ist als derjenige aus Beispiel 1, obwohl er dieselbe Länge aufweist.

#### Beispiel 6

Ein Loch mit der Form einer umgekehrten Pyramide wird in ein Siliziumwafer durch nasses anisotropes Ätzen unter Verwendung einer wäßrigen Lösung von KOH anstelle des Plasmaätzens in Beispiel 5 gebohrt.

Anschließend wird der Wafer in den thermischen Oxidationsofen gebracht, um 150 Minuten einer nassen Oxidation bei 920°C ausgesetzt zu werden und  $\text{Si}_3\text{N}_4$  wird durch LPCVD abgeschieden.

Anschließend wird ein Ausleger 120 gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welcher einen Armbereich 121, einen Sondenbereich 122 und ein Glastrageglied 123, welches in den Fig. 9 und 10 gezeigt ist, nach denselben Verfahren von Beispiel 5 erhalten.

Nach diesem Verfahren wird die Spitzenform des Sondenbereiches 122 durch die Wirkung des thermischen Oxidationsverfahrens spitzer gemacht. Wie in Fig. 10 gezeigt, hat vielmehr der gesamte Sondenbereich die Form einer Pyramide, deren Seite weggearbeitet wird und deren distaler Endteil ein wesentlich verbessertes Aspektverhältnis aufweist. Demnach schließt der Sondenbereich 122 einen distalen Endteil 125 und einen bauchigen proximalen Endteil 124 im Anschluß damit ein.

In diesem Fall hat das Loch in dem Siliziumwafer eine weite Öffnung, so daß  $\text{Si}_3\text{N}_4$  sich einigermaßen glatt auf der inneren Oberfläche des Loches ausbreitet.

#### Beispiel 7

Nachdem das Loch 104 in den Siliziumwafer 101 durch anisotropes Plasmaätzen gebohrt wurde, während des Herstellens des Auslegers aus Beispiel 5, wird

ein  $\text{SiO}_2$ -Film 131 auf der inneren Wand des Loches durch thermische Oxidation gebildet, wie in Fig. 11 gezeigt, und ein polykristalliner Siliziumfilm 132 wird dann durch LPCVD abgeschieden. Polykristallines Silizium ist besser geeignet zum Füllen des Loches als  $\text{Si}_3\text{N}_4$  oder dergleichen. Während der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film lediglich die innere Wand des Loches beschichten kann, kann deshalb polykristallines Silizium das Loch füllen. Nachdem ein Glas in derselben Art und Weise wie in Beispiel 5 gebunden wird, wird anschließend der  $\text{SiO}_2$ -Film 131 auf der inneren Wand des Loches 104 aufgelöst durch Verwendung von HF-plus- $\text{NH}_4\text{F}$ , worauf eine Modifikation des erfindungsgemäßen Auslegers erhalten wird, welcher einen Armbereich und einen Sondenbereich 133 aus polykristallinem Silizium umfaßt.

Wenn der Ausleger aus dem Siliziumfilm 132 durch das CVD-Verfahren gebildet wird, kann in diesem Fall Silizium sicher die innere Oberfläche des Loches zur Verwendung als eine Replica bedecken, so daß der Ausleger mit einer zufriedenstellenden Ausbeute hergestellt werden kann. Wenn andererseits der Ausleger aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  gebildet wird, kann  $\text{Si}_3\text{N}_4$  manchmal nicht in der Lage sein, die gesamte innere Oberfläche des Replicaloches zu bedecken, so daß der Sondenbereich nicht eine gewünschte Form aufweisen kann.

#### Vergleichsbeispiel

Zuerst wird ein Siliziumwafer mit einer (100)-Ebenensoberfläche gewaschen und ein  $\text{SiO}_2$ -Film wird mit einer Dicke von 1 µm auf einem Siliziumwafer durch thermische Oxidation abgeschieden. Dann wird der Wafer mit einem Resist bedeckt und wird einem Sondenbereichsmuster für Trockenätzung mittels einer Maskenausrichtung ausgesetzt. In diesem Falle ist das Muster ein 4 µm-Quadrat. Nachdem eine Entwicklungsbehandlung ausgeführt wird, wird der Siliziumwafer einer anisotropen Ätzung in einer wäßrigen KOH-Lösung ausgesetzt unter Verwendung des geätzten  $\text{SiO}_2$ -Filmes als eine Maske. Als ein Ergebnis wird in dem Siliziumwafer ein Loch in der Form einer umgekehrten Pyramide gebildet.

Anschließend wird der  $\text{SiO}_2$ -Film entfernt durch Verwendung von gepufferter Fluorwasserstoffsäure und ein  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film wird durch LPCVD abgeschieden. Ferner wird die sich ergebende Struktur in Wasserdampf bei 1100°C getempert, der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film wird mit einer kleinen Menge  $\text{SiO}_2$  behandelt und der Resist wird wiederum angewandt zur Beschichtung. Dann wird die Struktur einem Auslegermuster ausgesetzt mittels einer Maskenausrichtung und der  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Film wird durch Plasmaätzen ausgestaltet. Ein Pyrexglas wird mit der Struktur durch anodisches Binden verbunden und der gesamte Siliziumwafer wird schließlich weggeätzt, mit Ausnahme des Teiles des  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -Filmes, der den Ausleger bildet (einen Sondenbereich einschließend).

Der Sondenbereich des Vergleichsauslegers, der in dieser Art und Weise hergestellt wird, weist im wesentlichen die Form einer Pyramide auf, deren Kanten sich im rechten Winkel zueinander erstrecken, welche die Form des Loches, das durch anisotropes Plasmaätzen in der wäßrigen KOH-Lösung gebildet wird, widerspiegeln. Die Länge des Sondenbereiches ist 2,8 µm.

Zusätzliche Vorteile und Modifikationen werden dem Durchschnittsfachmann schnell klar werden. Deshalb ist die Erfindung in ihrem weiteren Umfang nicht auf die spezifischen Einzelheiten, die repräsentativen Vorrichtungen und die verdeutlichten Beispiele, die gezeigt und



hierin beschrieben wurden, beschränkt. Dementsprechend können verschiedene Modifikationen vorliegen, die ohne den Geist oder Umfang des allgemeinen erfinderischen Konzeptes, wie er in den Ansprüchen und ihren Äquivalenten definiert ist, zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Ausleger für ein Scansondenmikroskop mit:  
einem Armbereich (41, 71, 108, 121); und  
einem Sondenbereich (42, 72, 109, 122), angeordnet  
in der Nähe des freien Endes des Armbereiches,  
wobei der Sondenbereich einen distalen Endteil (45,  
75, 115, 125) einschließt, der einen engen Spitzen-  
winkel und einen bauchigen proximalen Endteil (44,  
74, 114, 124) in Fortsetzung mit dem distalen End-  
teil aufweist.
2. Ausleger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß der proximale Endteil (44, 114) in der Form  
eines abgeschnittenen Kegels vorliegt.
3. Ausleger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß der proximale Endteil (74, 124) in der Form  
einer abgeschnittenen Pyramide vorliegt.
4. Ausleger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Ausleger integral aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$  als ein  
Ganzes gebildet ist.
5. Ausleger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Armbereich (41, 71, 108, 121) getragen  
wird mittels eines Tragegliedes (43, 107, 123), wel-  
ches aus Glas hergestellt ist.
6. Verfahren zum Herstellen eines Auslegers für ein  
Scansondenmikroskop, wobei ein Armbereich (21,  
41, 71, 108, 121) und ein Sondenbereich (22, 42, 72,  
109, 122) umfaßt wird, angeordnet in der Nähe des-  
sen freien Endes, wobei das Verfahren die folgen-  
den Schritte umfaßt:  
Bilden eines Replica-Loches (34, 56, 57, 98, 104) für  
den Sondenbereich in einem Halbleitersubstrat (31,  
51, 91, 101) durch Ätzen;  
Abscheiden eines Grundmaterials (35, 58, 105, 132)  
für den Armbereich und den Sondenbereich in ei-  
ner Region auf dem Substrat, der das Replica-Loch  
einschließt;  
Ausgestalten (patterning) des Grundmaterials in  
einer vorbestimmten Form; und  
Entfernen des Substrates.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Substrat (31, 51, 91, 101) ein Sil-  
iziumsubstrat ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6, gekennzeichnet  
durch weiteres Umfassen eines Schrittes zum Bin-  
den eines Tragegliedes (37, 49, 107, 123) zum Tra-  
gen des Armbereiches (21, 41, 71, 108, 121) an den  
Armereich, vor dem Schritt des Entferns des  
Substrates (31, 51, 91, 101).
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Ätzen anisotropes Trockenätzen  
unter Verwendung von Plasma einschließt.
10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß weiter der Schritt des Bedeckens der  
Innenseite des Replica-Loches mit einem Silizium-  
oxidfilm (110, 131) vor dem Schritt des Abscheidens  
des Grundmaterials (105, 132) umfaßt wird, wobei  
der Siliziumoxidfilm nach dem Ausgestalten des  
Grundmaterials entfernt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Ätzen anisotropes Naßätzen un-  
ter Verwendung einer Ätzlösung einschließt.

12. Verfahren zum Herstellen eines Auslegers für  
ein Scansondenmikroskop, welcher einen Armbe-  
reich (41, 71, 108, 121) und einen Sondenbereich (42,  
72, 109, 122) umfaßt, der in der Nähe dessen freien  
Endes angeordnet ist, wobei der Sondenbereich ei-  
nen distalen Endteil (45, 75, 115, 125) mit einem  
schmalen Spitzenwinkel und einem bauchigen pro-  
ximalen Endteil (44, 74, 114, 124), fortlaufend mit  
dem distalen Endteil, umfaßt, wobei das Verfahren  
die folgenden Schritte umfaßt:  
Bilden eines Replica-Loches (56, 57, 104) für den  
Sondenbereich in einem Halbleitersubstrat (51,  
101) durch Ätzen, wobei das Replica-Loch einen  
ersten Teil einschließt, der dem proximalen Endteil  
des Sondenbereiches entspricht und einen zweiten  
Teil, der dem distalen Endteil des Sondenbereiches  
entspricht;  
Abscheiden eines Grundmaterials (58, 105) für den  
Armereich und den Sondenbereich in einer Re-  
gion auf dem Substrat, welcher das Replica-Loch  
einschließt;  
Ausgestalten des Grundmaterials in einer vorbe-  
stimmten Form; und  
Entfernen des Substrates.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Substrat (51, 101) ein Siliziumsub-  
strat ist.
14. Verfahren nach Anspruch 12, gekennzeichnet  
durch weiteres Umfassen des Schrittes des Bindens  
eines Tragegliedes (59, 107, 123) zum Tragen des  
Armereiches (41, 71, 108, 121) an dem Armereich  
vor dem Schritt des Entferns des Substrates (51,  
101).
15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Schritt des Bildens des Replica-  
Loches (56, 57) den Schritt des Bildens des ersten  
Teiles (56) durch isotropes Ätzen unter Verwen-  
dung einer Ätzlösung und den Schritt des Bildens  
des zweiten Teiles (57) durch anisotropes Ätzen  
unter Verwendung von Plasma einschließt.
6. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Schritt des Bildens des Replica-  
Loches den Schritt des Bildens des ersten Teils  
durch anisotropes Ätzen unter Verwendung einer  
Ätzlösung und den Schritt des Bildens desjenigen  
Teiles des Replica-Loches, der dem distalen Endteil  
entspricht durch anisotropes Ätzen unter Verwen-  
dung von Plasma in einer solchen Art und Weise,  
daß der erste Teil mittels einer Maske mit einem  
Ätzloch bedeckt wird, einschließt.
17. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Schritt des Replica-Loch-Bildens  
den Schritt des Bedeckens der Innenseite des Repli-  
ca-Loches mit einem Siliziumoxidfilm (110) ein-  
schließt.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

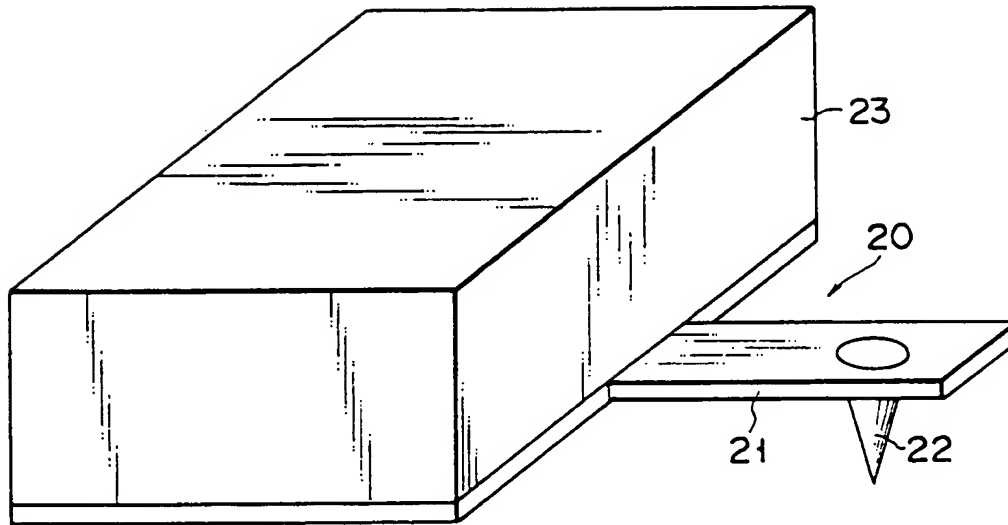


FIG. 1

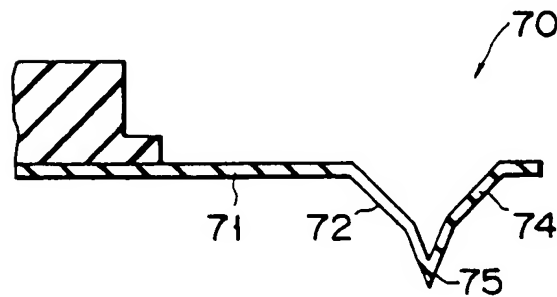


FIG. 6

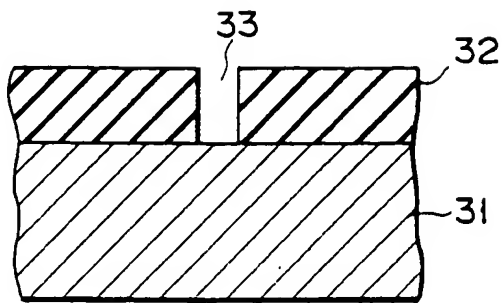


FIG. 2A

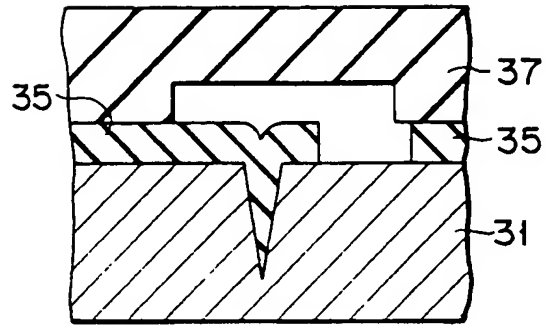


FIG. 2E

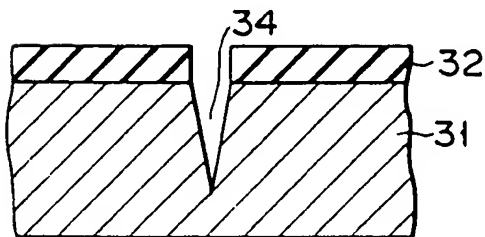


FIG. 2B

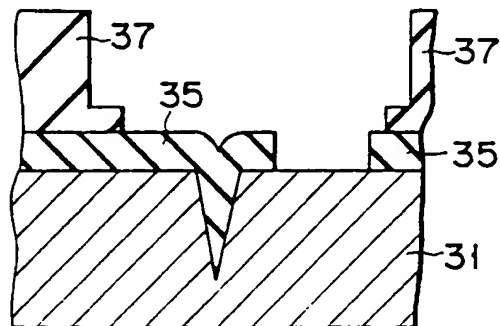


FIG. 2F

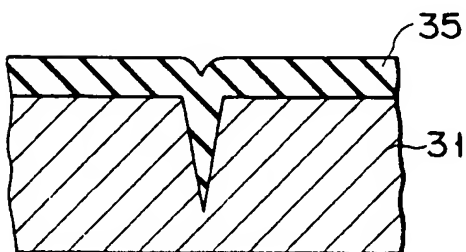


FIG. 2C

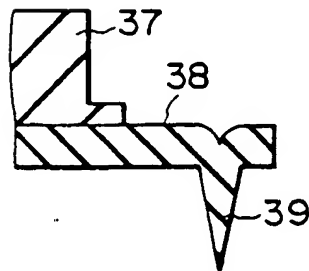


FIG. 2G

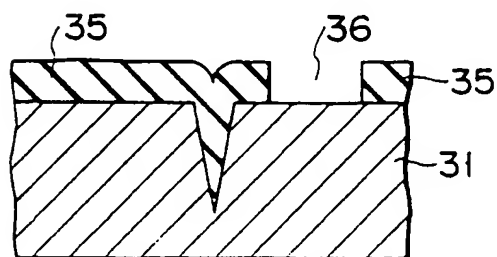


FIG. 2D

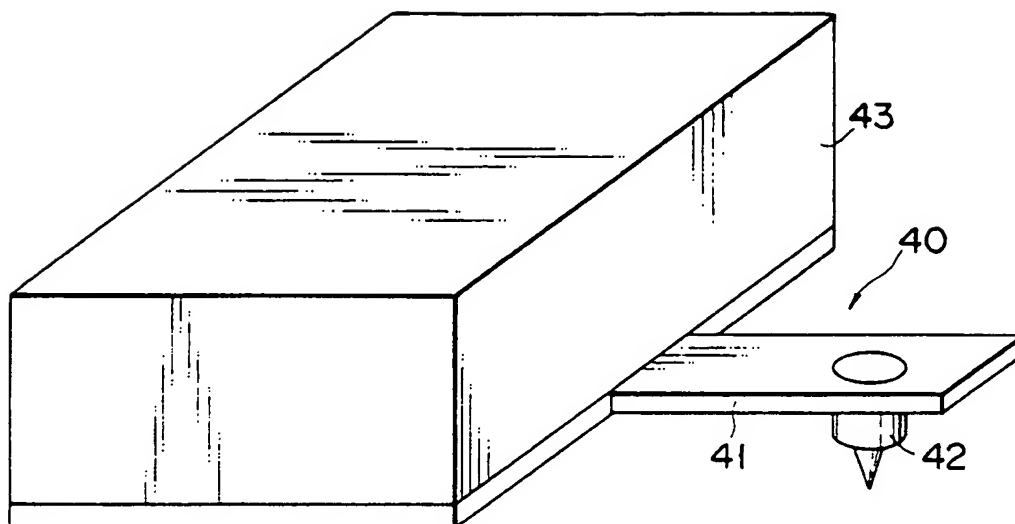


FIG. 3

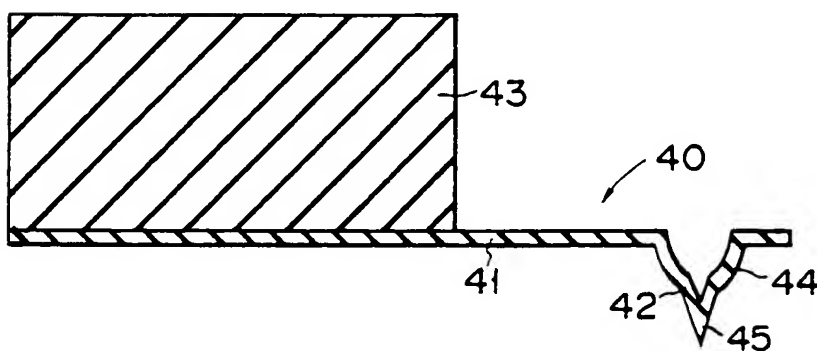


FIG. 4

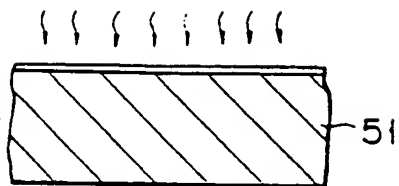


FIG. 5A

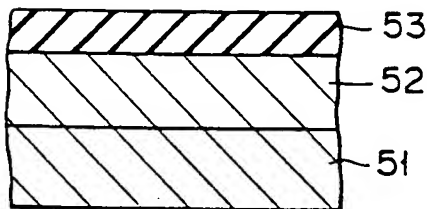


FIG. 5B

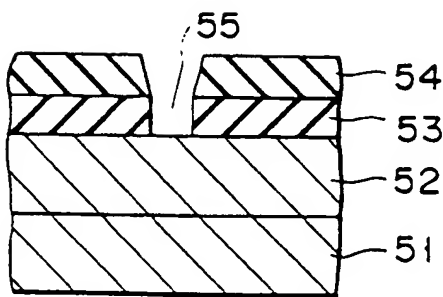


FIG. 5C

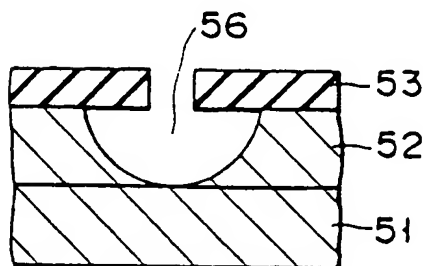


FIG. 5D

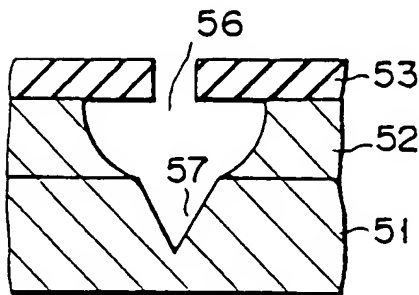


FIG. 5E

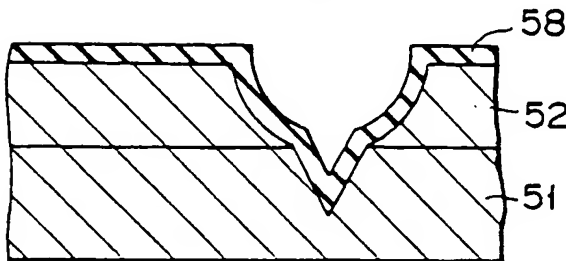


FIG. 5F

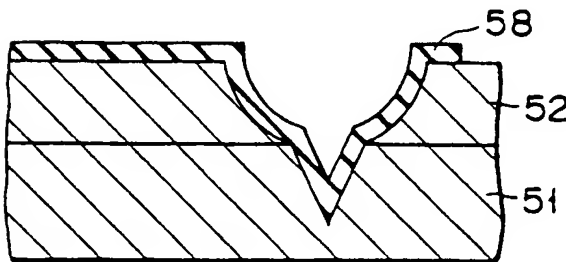


FIG. 5G

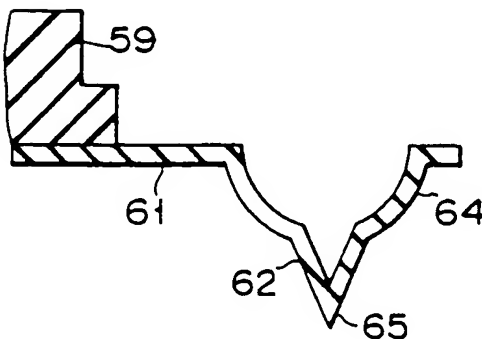


FIG. 5H



FIG. 7A

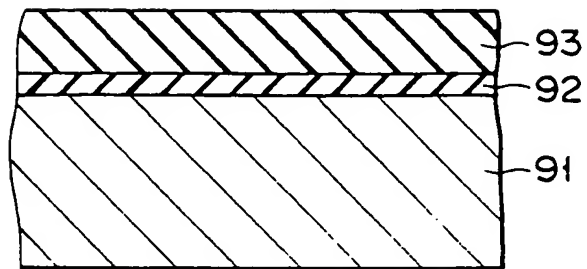


FIG. 7B

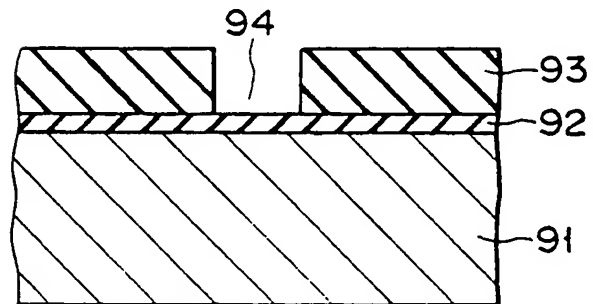


FIG. 7C

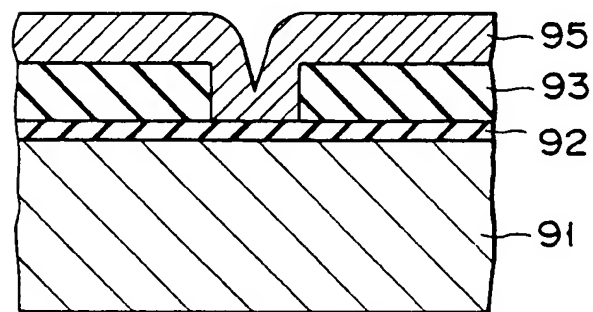


FIG. 7D

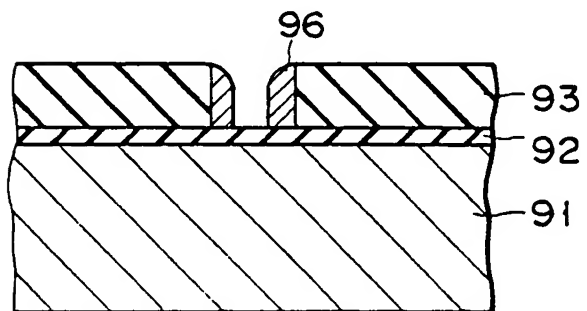


FIG. 7E

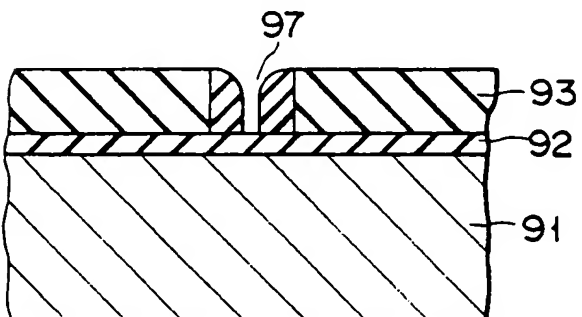


FIG. 7F

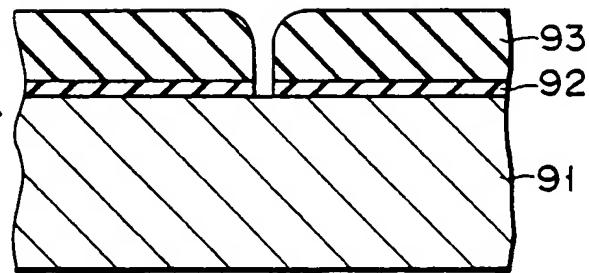


FIG. 7G

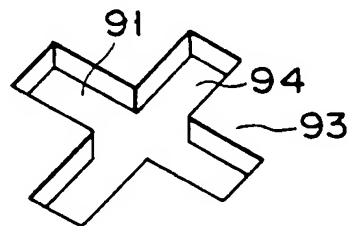
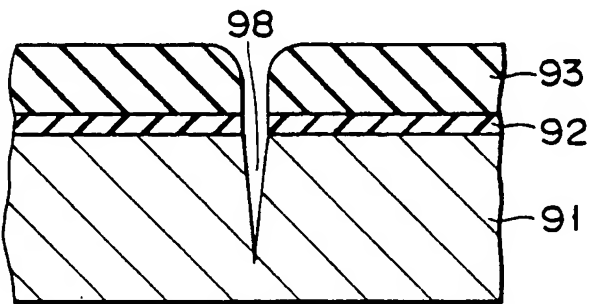


FIG. 7H

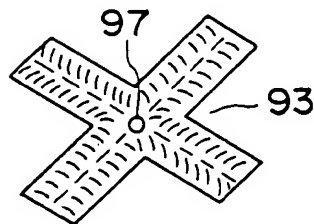


FIG. 7I

FIG. 8A

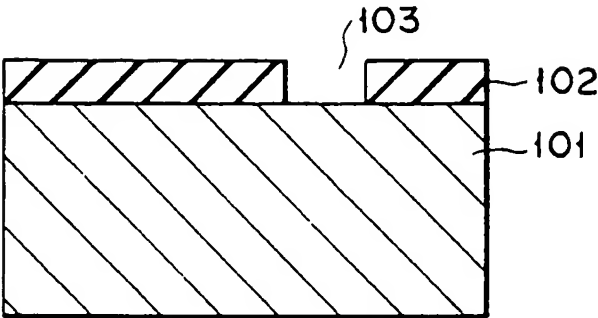


FIG. 8B

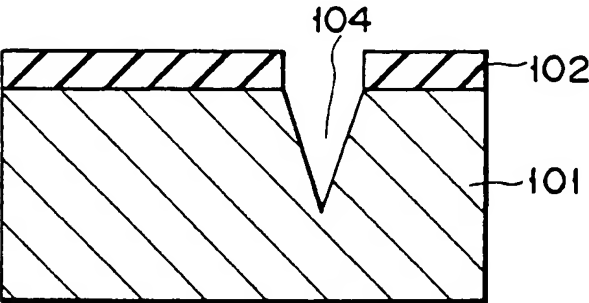


FIG. 8C

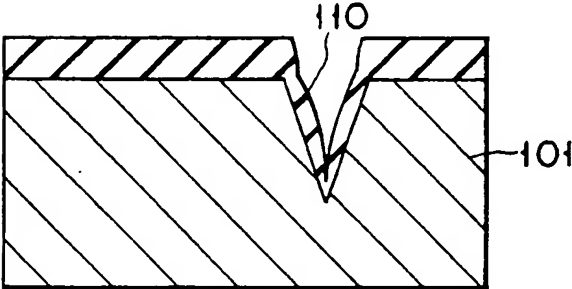


FIG. 8D

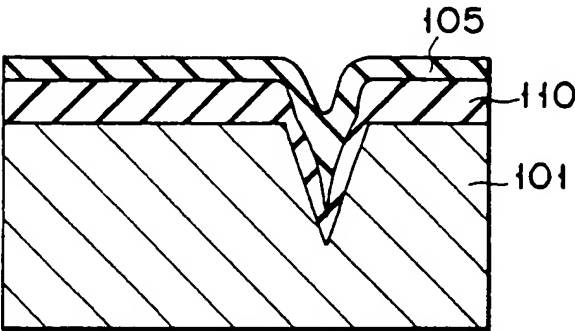


FIG. 8E

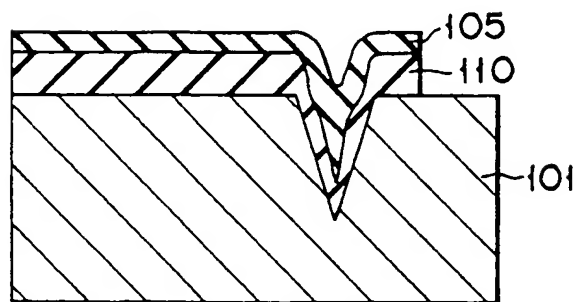


FIG. 8F

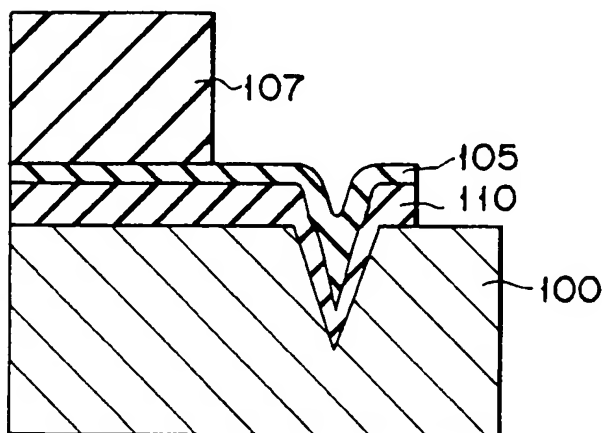


FIG. 8G

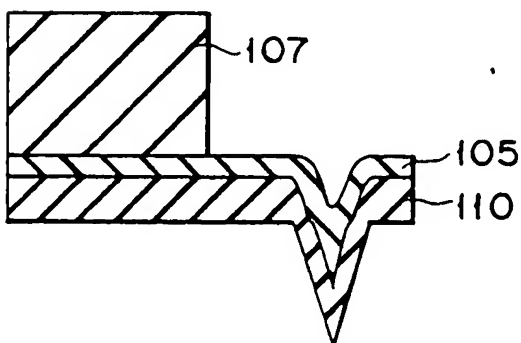
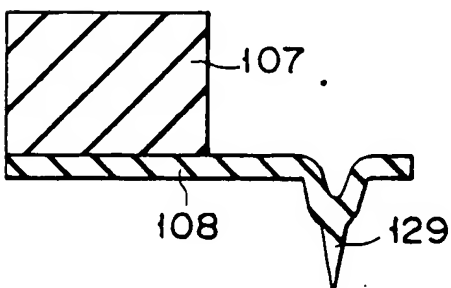


FIG. 8H



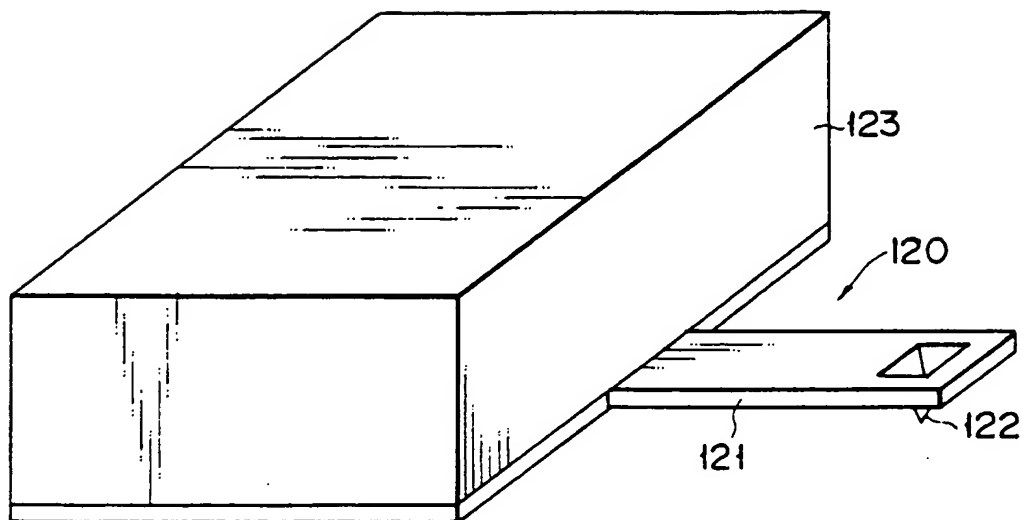


FIG. 9

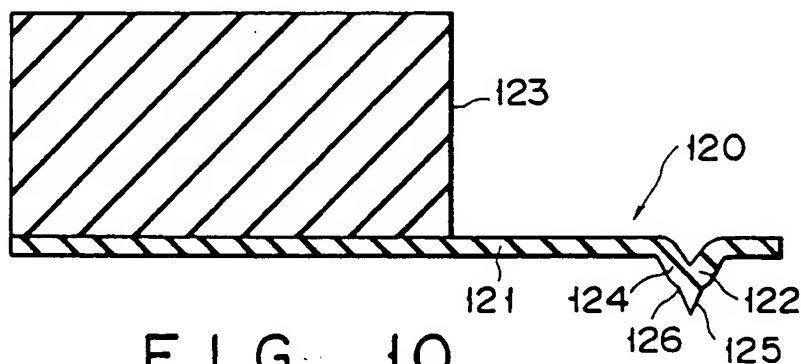


FIG. 10

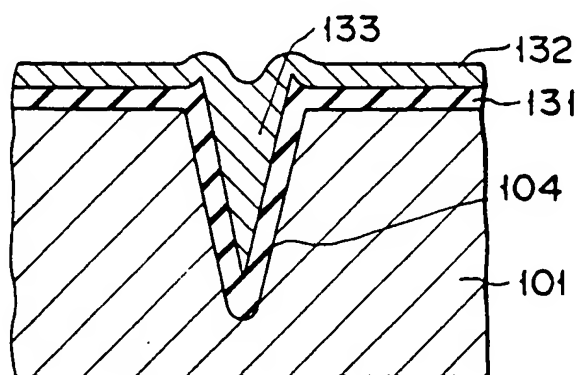
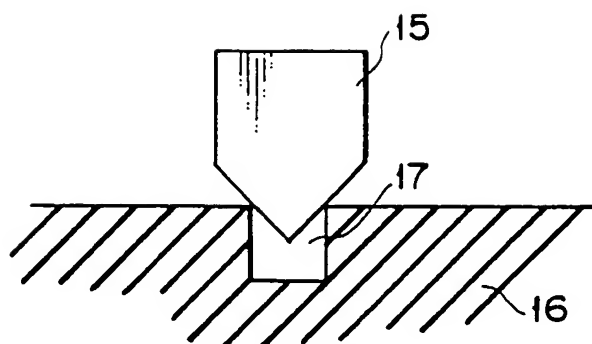
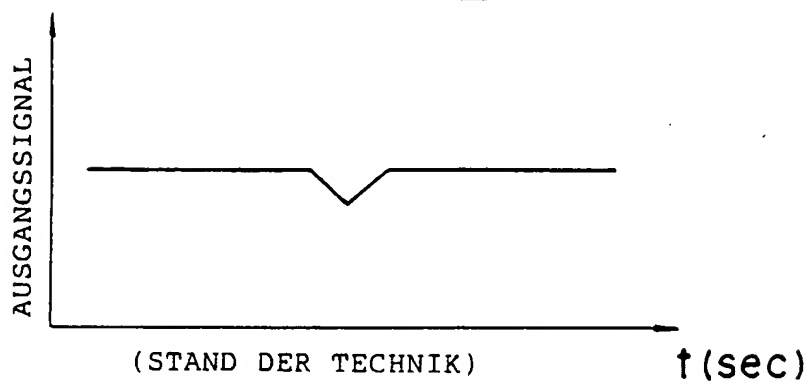


FIG. 11



(STAND DER TECHNIK)

FIG. 12



(STAND DER TECHNIK)

FIG. 13

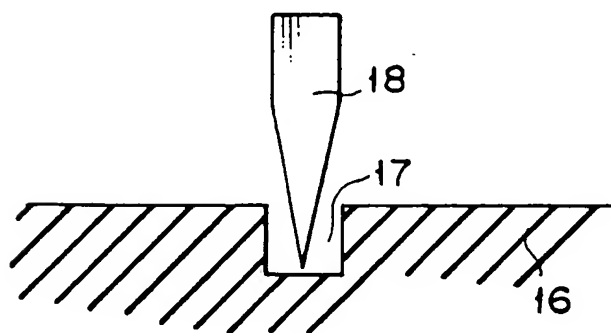
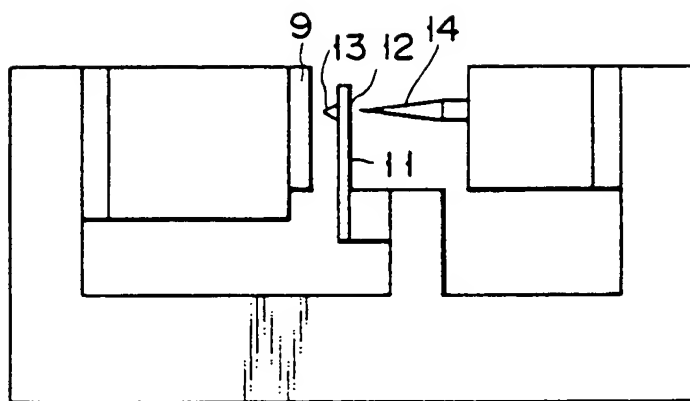


FIG. 14





(STAND DER TECHNIK)

FIG. 15

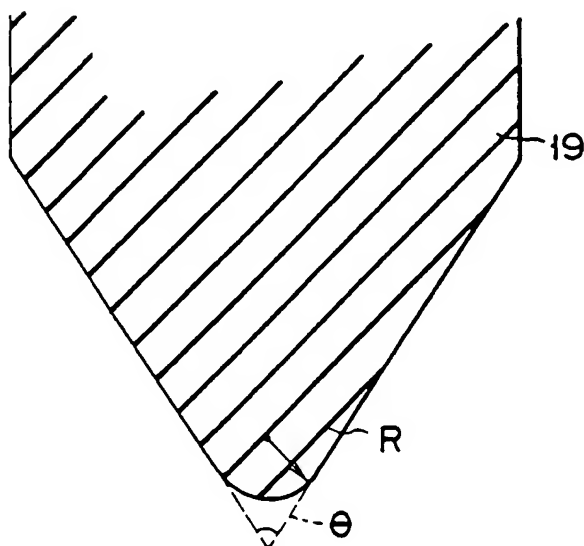


FIG. 16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**